

20 Jahre Betriebserfahrungen mit der geothermischen Wärmeversorgung in Neustadt-Glewe

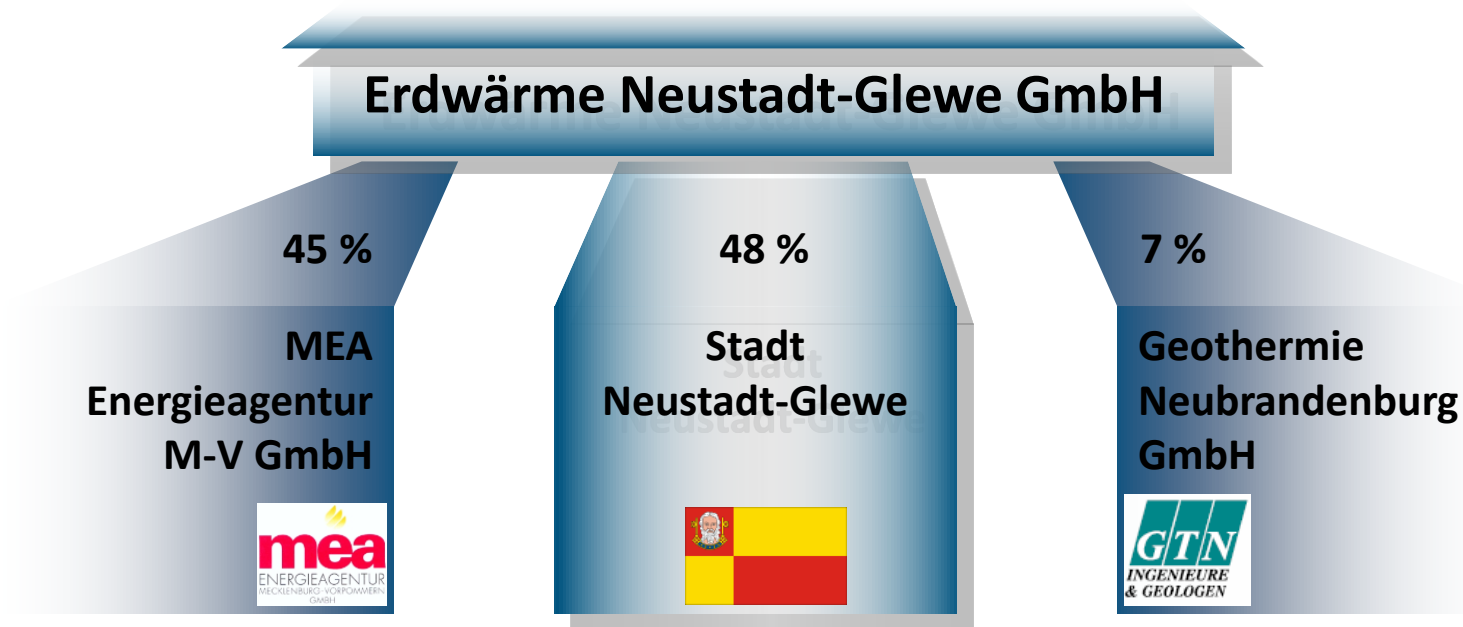
(20 Jahre in 20 Minuten??)

Hannover, 24. Oktober 2013

Torsten Hinrichs, Technischer Geschäftsführer der Erdwärme Neustadt-Glewe GmbH

- 1 Vorstellung der Erdwärme Neustadt-Glewe GmbH
- 2 Überblick Thermales Gewinnungssystem
- 3 Langzeitstabilität ausgewählter Einzelkomponenten
- 4 Wärmeerzeugung - Erzeugungskosten
- 5 Geothermische Stromerzeugung
- 6 Netzausbau – Erweiterung Erzeugungskapazität
- 7 Zusammenfassung

- WEMAG seit 1993 Gesellschafter der Erdwärme Neustadt-Glewe GmbH
- Geschäftsanteilsübertragung auf MEA in 2008, WEMAG weiterhin techn./kfm. Betriebsführer



Erdwärmeheizwerk Neustadt-Glewe



Abstand
Förder-/Injektionsbohrung
1.365 m

Tiefe Förderbohrung:
2.450 m

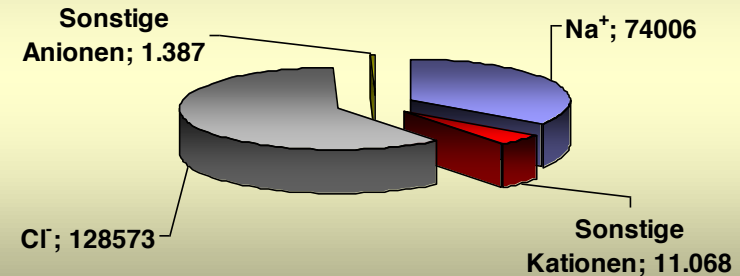
Tiefe Injektion:
2.335 m

Reservoirhorizont:
Rhätkeuper / Mittelrhät
(Contortasandstein)

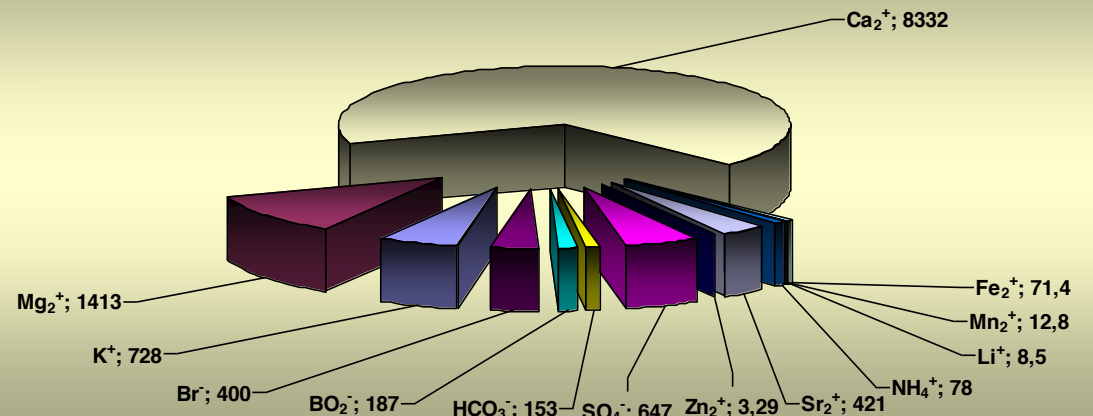
Förderrate/-temperatur:
25 Liter/Sekunde; 97°C

Proben-ID	NG-Wa-F6 23.05.06-1		
Fundort	Neustadt-Glewe, Fördersonde;		
Koordinaten	4472562 / 5915445		
Gesamthärte [°dH]	1489.5	gelöste Ionen ber. [mg/l]	215089
Summenparameter [mg/l]			
NPOC	18.0	TIC	33.0
Kationen		Anionen	
[mg/l]	c_{eq} [mmol/l]	$\%c_{eq}$	[mg/l]
c_{eq} [mmol/l]	$\%c_{eq}$	[mg/l]	c_{eq} [mmol/l]
$\%c_{eq}$		$\%c_{eq}$	
K ⁺	782	20.000	0.5
Na ⁺	74006	3219.052	85.0
Mg ²⁺	1413	116.201	3.1
Ca ²⁺	8332	415.768	11.0
Fe ²⁺	71.4	2.557	0.1
Li ⁺	8.50	1.225	0.0
Mn ²⁺	12.8	0.466	0.0
NH ₄ ⁺	78.0	4.239	0.1
Sr²⁺	421	9.610	0.3
Zn ²⁺	3.29	0.101	0.0
Summe	3789.224	Fehler	1.84
Summe		Summe	3652.235
Nichtionogene Stoffe [mg/l]			
SiO ₂	35.5		
Anorganische Spuren [µg/l]			
Co ²⁺	<5.00	Cu ²⁺	<20.0
Ag	3.01	As	<150
Cd	4.03	Ce	<0.500
Er	<0.250	Eu	0.725
Hf	<0.500	Ho	<0.250
Mo	2.89	Nb	<0.500
Sb	1.51	Sc	6.14
Ta	<0.500	Tb	<0.250
Tl	57.9	Tm	<0.250
Y	6.44	Yb	<0.250
Ni ²⁺	<10.00	Ba	5470
Be	<10.00	Bi	0.605
B	17.7	Cs	120
Ga	34.7	Gd	<0.250
Ge	<1.000	La	<0.500
Lu	<0.250	Pr	<0.250
Rb	1339	Sm	<0.500
Sr	<10.00	Sn	<10.00
Te	<5.00	Th	0.368
U	0.122	V	<5.00
Zr	<1.50	W	1.84

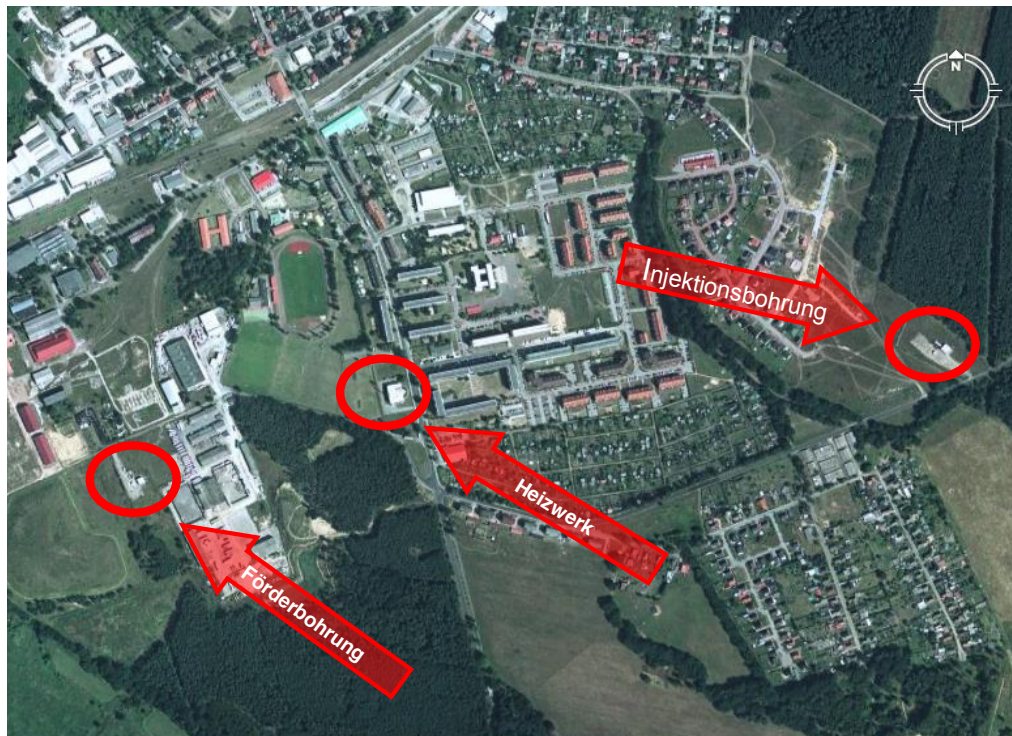
Gelöste Bestandteile in der Thermalsole insgesamt > 215 g/Liter



Sonstige Kat- und Anionen mg/Liter



Investitionen Mai 1992 – Dezember 2008



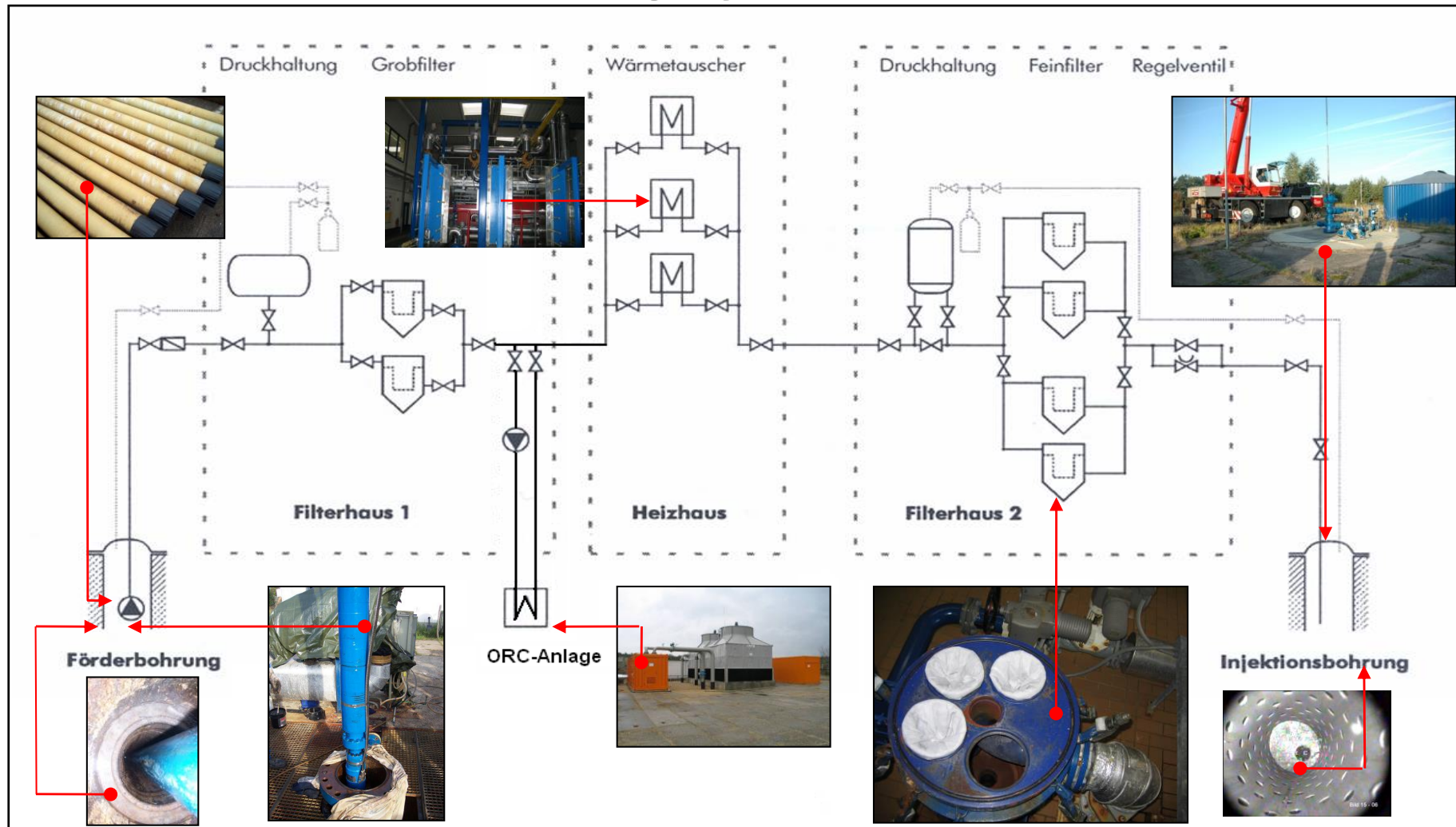
Standorte der Gewinnungs- und Produktionsanlagen der Erdwärme Neustadt-Glewe GmbH

Grundstücke und Gebäude	1.802 T€
FW-Netz	2.539 T€
FW-Stationen	728 T€
Zähler, Messeinrichtungen	84 T€
Allg. Betriebsausstattung	79 T€
Anlagentechnik Obertage	3.240 T€
Bohrungen und Ausrüstung	1.683 T€
Thermalwasserleitung	410 T€
<u>Sonstiges</u>	<u>9 T€</u>
Summe bis März 2009	10.810 TEUR

Finanzierung

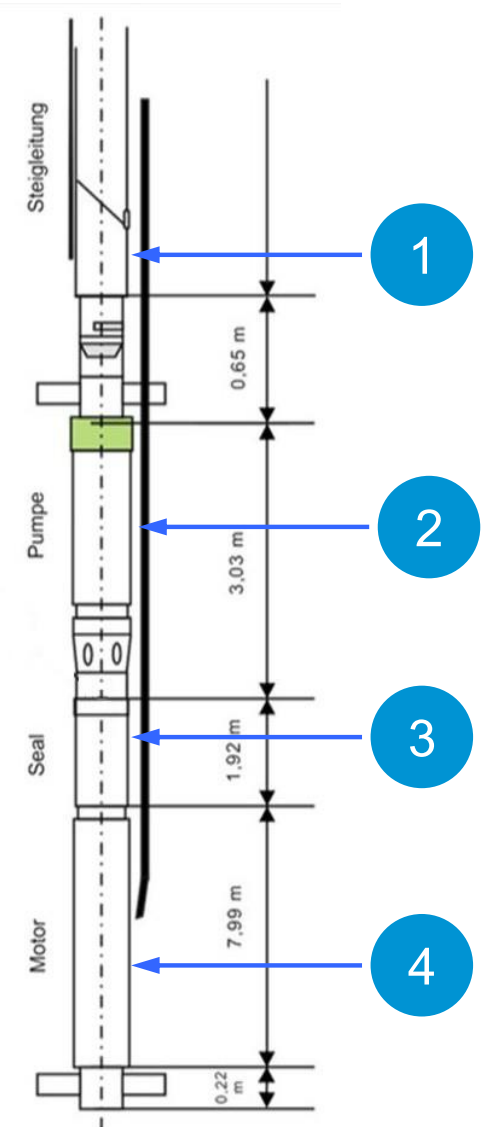
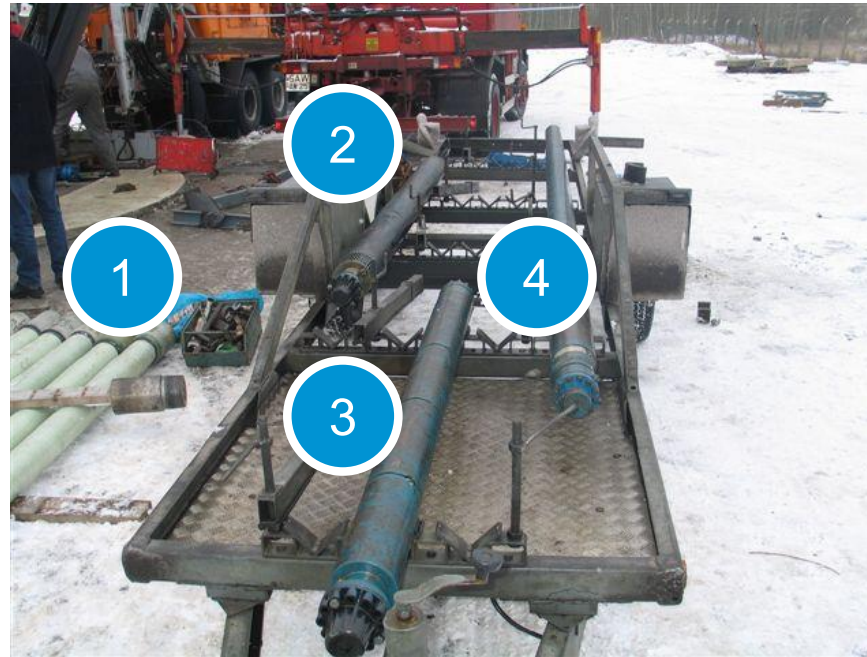
Kredite	ca. 50 %
Zuwendungen	ca. 50 %

Schema thermales Gewinnungssystem



Langzeitstabilität Einzelkomponenten Unterwassermotorpumpe

WEMAG



Untertage-Förderanlage:

GfK-Steigleitung: Fiber Glass Tubes,
5 ½" – OD 137,4 mm – 360 m

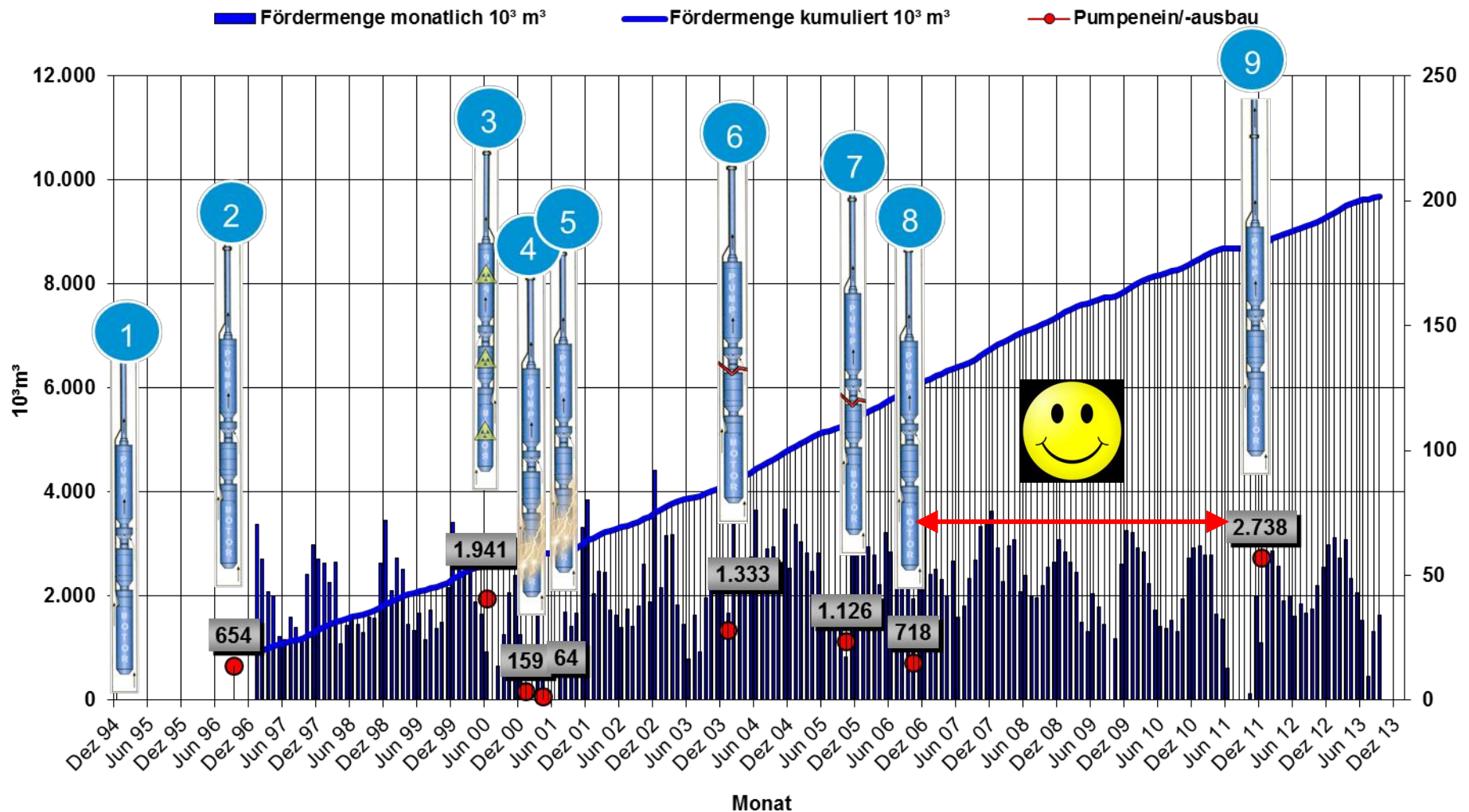
Pumpe: Centrilift, HPXLTO 14 HC 19000

Dichtungseinheit: HSB3X 3- Kammer-Seal

Pumpenmotor: KMHX 162 HP (119,2 kW)

Langzeitstabilität Einzelkomponenten Unterwassermotorpumpe

Thermalwasserförderung Langzeit



Unterwassermotorpumpe:

- relativ häufige Pumpenwechsel in der Vergangenheit, diese in vier Fällen auf nur zwei konstruktive/werkstofftechnische Ursachen der Pumpenanlage zurückzuführen
- die konstruktiv/werkstofftechnische Probleme scheinen gelöst – seit 2006 störungsfreier Betrieb mit bislang höchster jemals mit einer Einzelanlage errichteten Fördermenge **2,738 Mio. m³** In 2012 letzter Wechsel auf gewöhnlicher Abnutzung beruhender Pumpenwechsel.

Allgemein:

- Materialtechnische Abstimmung der Förderanlage auf Thermalwasserchemie sollte über die Strategie des Ausprobierens hinausgehen
- Vorhaltung einer vollständigen Reserveanlage erforderlich – Betriebsunterbrechung und Maschinenbruch nicht (zu wirtschaftlichen) Konditionen versicherbar

Langzeitstabilität Einzelkomponenten Steigleitung – Oktober 2006

WEMAG



GFK Casing Rohre, 5 1/2" - 1500 T&C 1500 psi
Fiberglas Tubes & Services neu ↓



- ← ...und nach 31 Betriebsmonaten
- Rohre werden geringfügig oberhalb der oberen Temperatureinsatzgrenze (93,33°C) belastet
 - Verbindungsmuffen nicht lösbar, Gewinde werden beim Aufschneiden der Muffen beschädigt
 - Erneuerung der Gewinde unwirtschaftlich, da nahezu preisgleich mit Kauf werksneuer Rohre (ca.1.100,- EUR/Rohr a 9 m Länge)
 - Stabilität der Rohrleitung ansonsten gegeben

Langzeitstabilität Einzelkomponenten Steigleitung – Oktober 2006

Schädigung Gewindekonus
(hohes Verschraubungsmoment +
radiale Temperaturdehnung)



Lieferung/Leistung	Kosten
Ein- und Ausbau mit Winde	28.700,00 €
Fangwerkzeug	2.852,00 €
Transport Bohrgestänge	530,00 €
Miete Elevatoren	800,00 €
Miete Bohrgestänge	1.253,85 €
Krangestellung/Transporte	753,50 €
40 Stck. 5 1/2" GfK-Rohre	42.280,00 €
Aus und Einbau GfK-Steigestrang	4.710,00 €
Bauleitung/Dokumentation	3.000,00 €
Pumpenservice und Kleinmaterial	11.002,00 €
Pumpendiagnose und Transport	4.000,00 €
Pumpenreparatur	65.000,00 €
Kabelmesswagen	82,00 €
Staplergestellung	160,00 €
Erdgasverbrauch	22.647,45 €
Summe (netto):	187.770,80 €

Steigleitung:

- Rohrtourwechsel (Gewindeerneuerung oder Neukauf) bei jeder Pumpenneuinstallation empfehlenswert
- Einsatz von Rohren ohne werkseitig verschraubte Muffen
- Geringes Rohrgewicht und insgesamt einfaches Handling
- sorgfältigste Planung der Bohrungsverrohrung, (limitierende Einflussgröße)

Langzeitstabilität Einzelkomponenten Grob- und Feinfiltration



Filterbehälter nach 16 Jahren am Ende seiner Nutzungsdauer



Filtration:

- Nahezu wartungsfreier Betrieb der Filter seit Erstinbetriebnahme
- Nach 16 Jahren Probleme mit Dichtheit und HALAR-Beschichtung →
- Ersatz in 2012 durchgeführt und Installation der Grobfilter seit dem im Heizwerk
- Beutelfilter Eaton Filtration GmbH (PEXL -Polypropylen Terephthalat Schmelzpunkt 260°C; LOFCLEAR 522, Multilayer-Filter Polyolefin, Polypropylen – Schmelzpunkt >107°C)



Kurzexkurs Filtration und Injektivität:

- Abscheidegrad Feinfilter bedeutsam für Injektivität
- wiederholt wurden sich verschlechternde Injektionswerte in Neustadt-Glewe registriert
- Nachgewiesene Ursache in einem Fall in 1988 war Sauerstoffzutritt zum Thermalfluid; Filterblockade durch Ausfällungsprodukte
- **Progressiv verschlechternde Injektivität von 2003 bis 2006 um 20%!**
- Bei Bohrungsinspektion wurde aber ein oberflächlich sauberer Filter festgestellt, offensichtlich Minderung des freien Abflusses in filternaher Umgebung
- Porengrößen des Contortasandsteins:
Porenradienmedianwert: 12,9 μm
Großporenanteil ($> 5 \mu\text{m}$) 66,4%
- Eindringen von Partikeln > 2 und $< 4 \mu\text{m}$ möglich

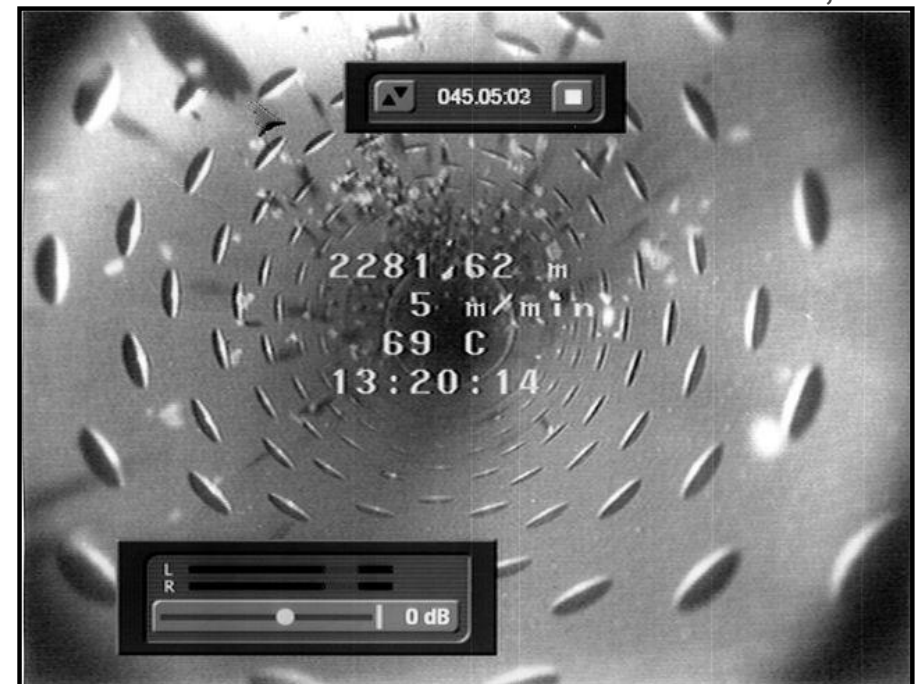
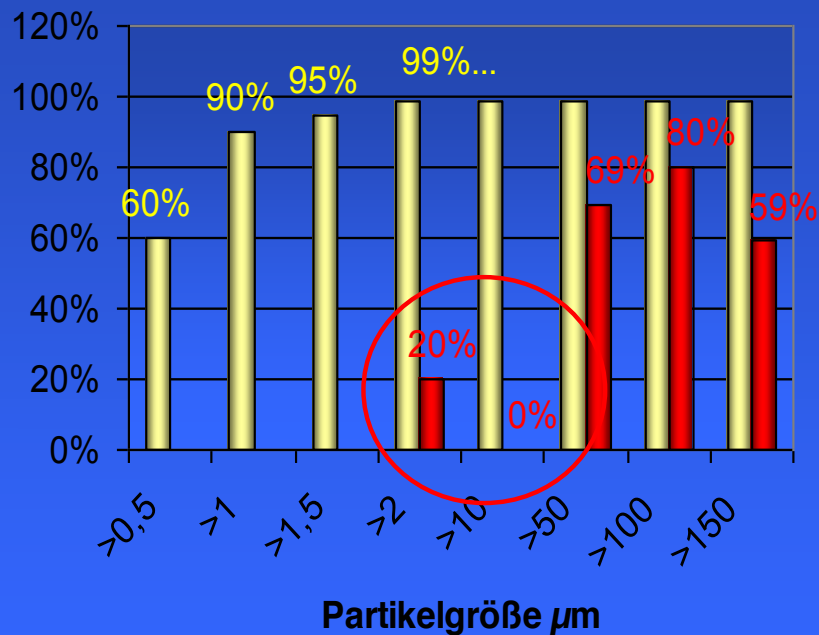


Abbildung:
Sauberer Filter in Injektionssonde (bei 2281,62 m) im September 2006

Langzeitstabilität Einzelkomponenten Grob- und Feinfiltration

- Daher Wirksamkeit des Filters gerade in diesem Korngrößenbereich wichtig
- Bohrungssäuerung zur Injektivitätserhöhung in 2006 und 2011 mit abnehmenden Erfolg
- Testergebnisse zum Partikelrückbehalt ernüchternd:

Abscheidegrad Feinfilter LOFCLEAR 522



■ Mindest-Abscheidegrad lt. Hersteller
 ■ im Versuch erreichter Abscheidegrad

Korngröße μm	Mindest-Abscheidegrad lt. Hersteller	im Versuch erreichter Abscheidegrad
>0,5	60%	-
>1	90%	-
>1,5	95%	-
>2	99%	20%
>10	99%	0%
>50	99%	69%
>100	99%	80%
>150	99%	59%

Beitrag zur negativen Injektivitätsentwicklung?

Langzeitstabilität Einzelkomponenten Thermalwassertransportleitung

Schwerspatbelag in der Rohrsohle
(2-Phasen-Strömung)



Rohrleitungsschaden bei Bauarbeiten (Thermalwasserleitung
zwischen Förderbohrung und Heizwerk) im Juni 2007

Lose Flocken analog WT I

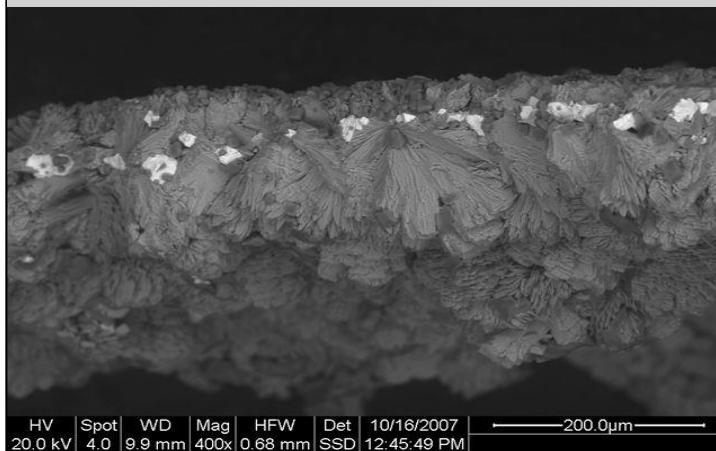


Förderbohrung



Soleleitung 150 m nach
Filterhaus 1

REM-Aufnahme einer Flocke (Quelle
BGR) Gemeinsames Auftreten von Blei
und Schwerspat



GfK-Transportleitung:

- Keine Betriebsstörungen in 20 Betriebsjahren aufgrund materialtechnischer oder konstruktiver Merkmale der Leitungen; diese jedoch kaum revisionierbar- Öffnen der Leitungen problematisch
- Offensichtlich insgesamt geringere Neigung des GfK zum Belagsaufwuchs (Scalebildung) als bei metallischen Grundmaterialien
- Temperatur- und chemische Beständigkeit ausreichend hoch, wenn auch nicht inert, Anhaltspunkte für Läsionsneigung des GfK (Untersuchungen durch VKTA Rossendorf e.V, H.J. Friedrich)
- GfK als Rohrwerkstoff wird auch alternativ zu gummierten Stahlgussleitungen zukünftig in der Geothermieanlage eingesetzt werden. (Dabei jedoch Hinweis auf das Risiko eines „spontanen“ Versagens mit massiven Thermalwasseraustritt.)



Langzeitstabilität Einzelkomponenten Plattenwärmeübertrager Vicarb 100



Wärmetauscher WT II in 2004

Scales im Wärmetauscher -
Rekonditionierung 2004
spezifische Aktivitäten bezogen auf die
Masse der Ablagerungen

^{226}Ra	30 Bq g ⁻¹
^{210}Pb	254 Bq g ⁻¹
^{228}Ra	36,2 Bq g ⁻¹
^{228}Th	14,8 Bq g ⁻¹

Schwerspatflocken im Einlaufkanal Thermalwasserseite durch
Eintrag aus vorgelagertem System (GfK-Transportleitung) →



Rekonditionierung
Wärmetauscher WT I
nach 13 Jahren (2008)



Graue Beläge auf Tauscherplatten
(analog 2004)



Langzeitstabilität Einzelkomponenten Plattenwärmeübertrager Vicarb 100



2009:

Mangelhafter Kleber, EPDM –Dichtungen lösen sich nach etwa einem Betriebsjahr von den Platten (die vorhergehende Dichtungserneuerung erfolgte nicht durch Anlagenhersteller)

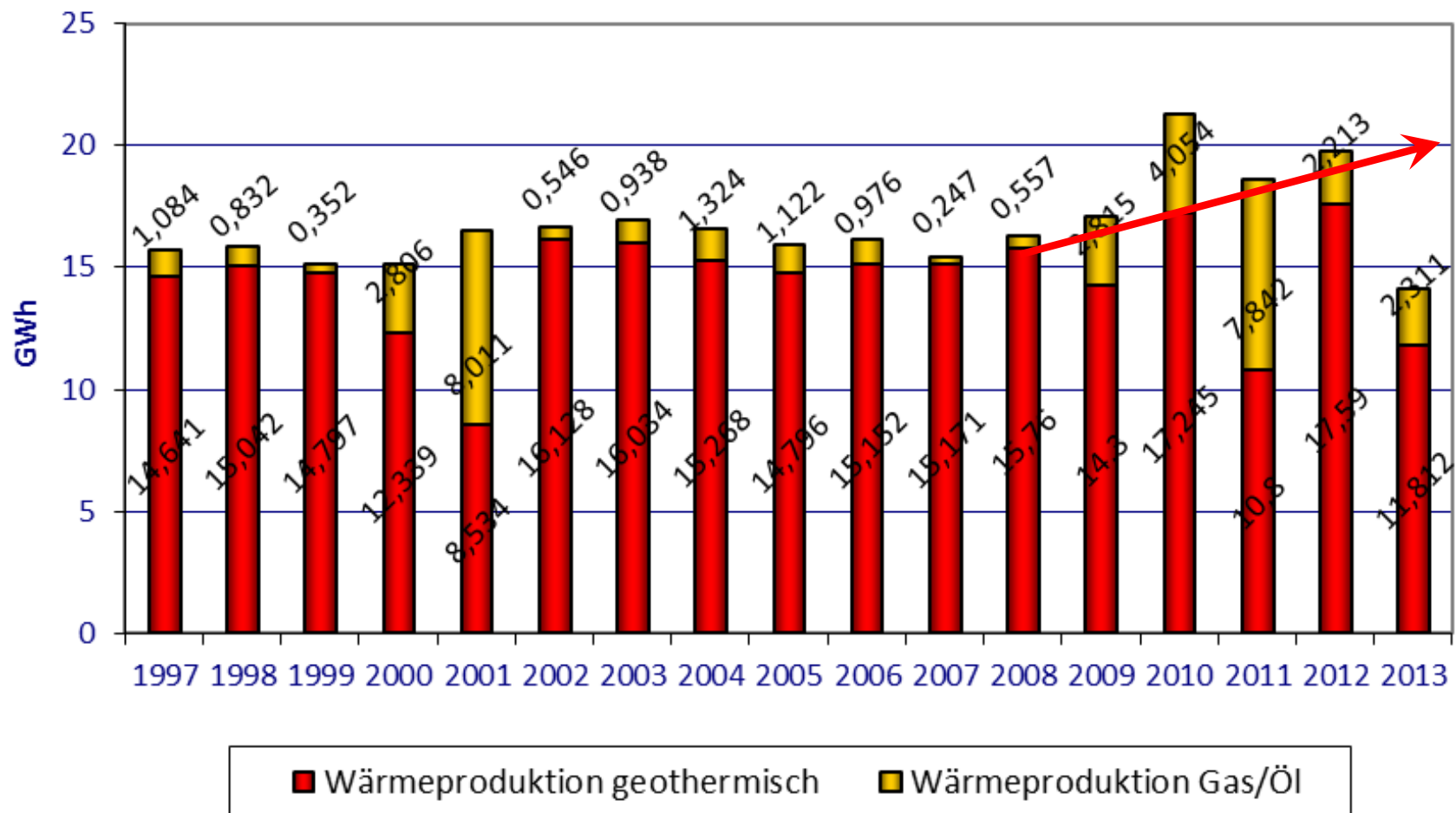
Insbesondere auf Dichtungen geben diverse Anbieter für die Rekonditionierung leider kaum Garantien.

Plattenwärmeübertrager

- Platten – kein messbarer Materialabtrag (0,7 mm Blechstärke), jedoch in zwei Fällen durch Fertigungsmängel bedingte Korrosion an den Platten (**2012 und 2013**),
- Reinsttitan: bei guter Verarbeitung sehr gute Langzeitstabilität
- Aufarbeitung durch vorab erf. Dekontamination relativ teuer (gegenwärtig Apparatekauf preislich interessant)

Wärmeerzeugung und Erzeugungskosten

Wärmeproduktion geothermisch/konventionell



Erzeugung Dezember 1994 – September 2013

- Geothermische Erzeugung von Dez. 1994 – Sept. 2013 – **266 GWh**
- Erzeugung aus Reserve- und Spitzenlastfeuerungsanlagen – 40,8 GWh (**13,3%**)
- Thermalwasserförderung **9,7 Mio. m³** (inkl. Anteil für Stromerzeugungsanlage)

Wärmeerzeugungskosten (Kostenaufwand Primärenergie) aktuell

- Heizkessel – ca. **60 EUR/MWh** (Erdgas Spitzen und Reservefeuerung)
- Geothermie Förderung – **5,9 EUR/MWh** (Strom, Tendenz steigend)
- Gesamtenergieaufwand ~ **14 EUR/MWh**

Wartungs- und Instandhaltungsaufwand

- **40 - 200 TEUR/a** (inkl. aller vorab beschriebener techn. Probleme)

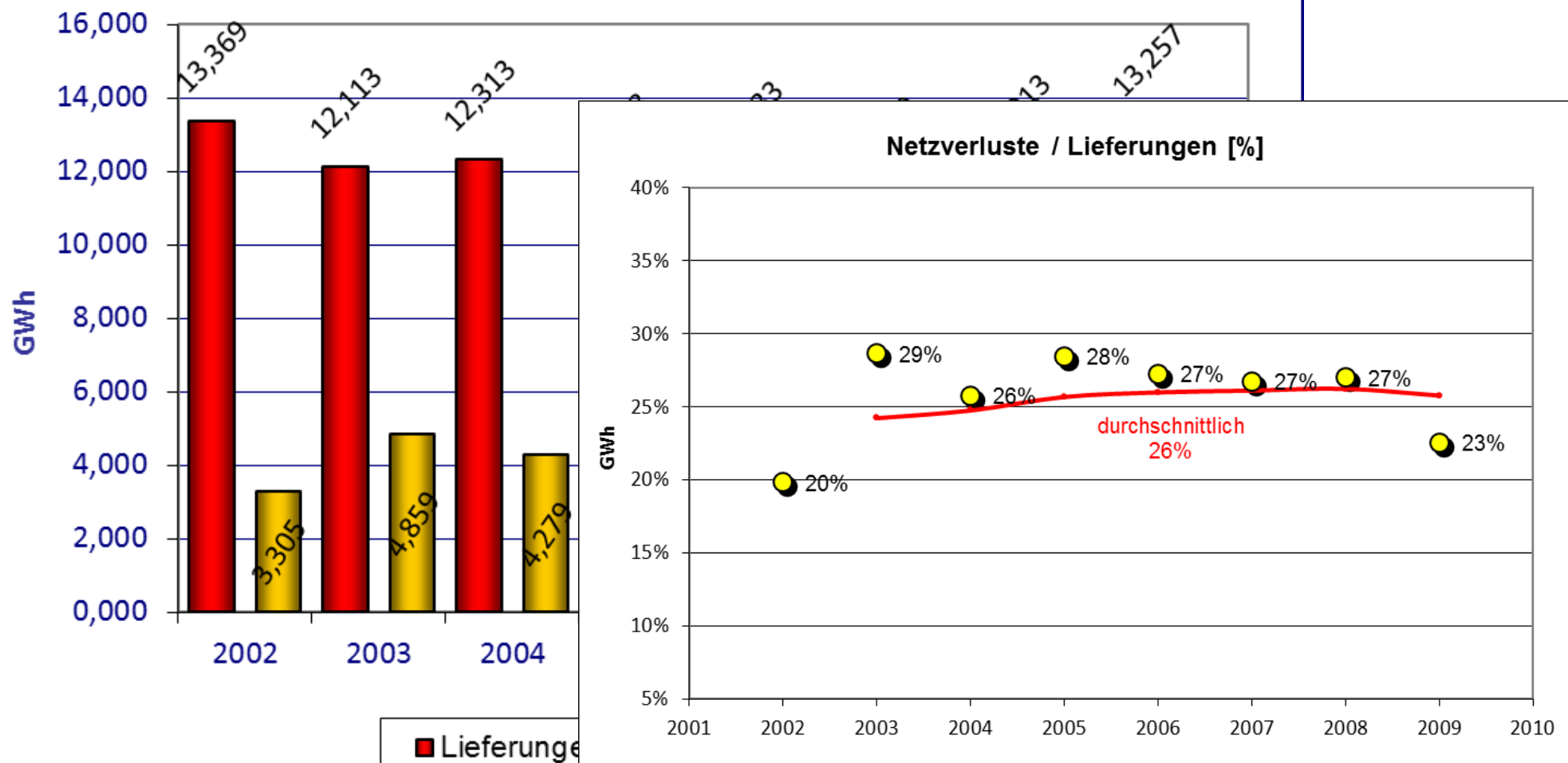
Hilfs- und Verbrauchsmaterialien (Thermalteil)

- **2 - 4 TEUR/a**

Wärmeerzeugung und Erzeugungskosten

Netzverluste

Lieferungen an Abnehmer und Netzverluste



Wärmeerzeugung und Erzeugungskosten - Strompreisentwicklung - Kostenwälzung oder Eigenbedarfsdeckungslosungen?

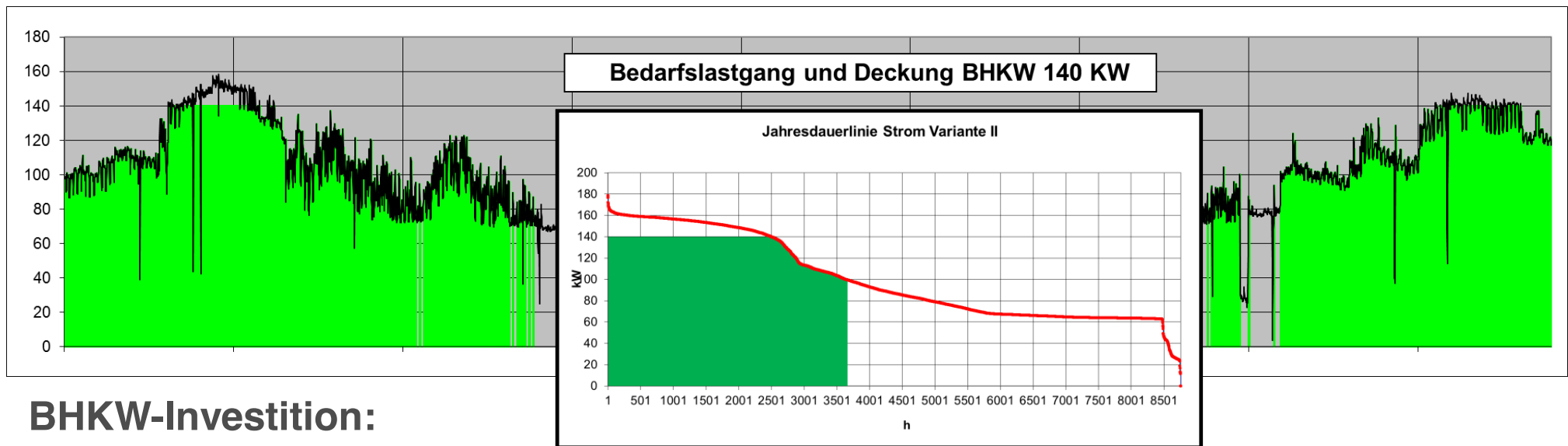
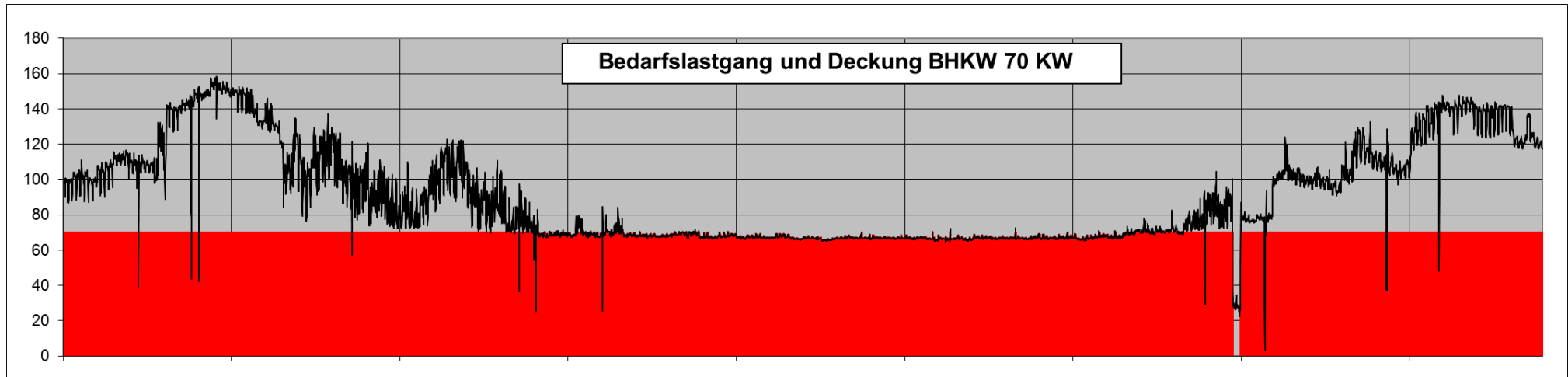
Jährlicher Strombezug und -kosten Erdwärme Neustadt-Glewe GmbH						
Jahr	Kosten gesamt	Menge gesamt	Strom- Mischpreis	Wärmeer- zeugung	Stromaufwand	
	EUR	kWh	Ct/ kWh	MWh	kWh/ MWh _{ERZ}	EUR/ MWh _{ERZ}
2004	66.123	1.003.344	6,59	16.592	37,41	2,51
2005	52.589	746.124	7,05	15.918	34,79	2,46
2006	71.470	1.033.068	6,92	16.128	36,54	2,56
2007	82.118	928.156	8,85	15.418	39,65	3,50
2008	79.011	912.097	8,66	16.317	40,01	3,47
2009	77.092	755.432	10,21	17.115	38,21	3,91
2010	93.083	878.687	10,59	21.299	41,25	4,37
2011	97.067	653.723	14,85	17.766	36,8	5,46
2012	116.122	770.779	15,07	19.803	34,4	5,86

Steigerung auf **229%**

Entwicklung 2014 :

„Kurs“ auf 18 Ct/kWh Strombezug, d.h. ca. **Verdreifachung** der
Stromkosten innerhalb von 10 Jahren ➡ Abhilfemaßnahmen sind anzustreben

Wärmeerzeugung und Erzeugungskosten - Strombezugslastgang Geothermieanlage und theoretischer Eigenbedarfsdeckungsanteil

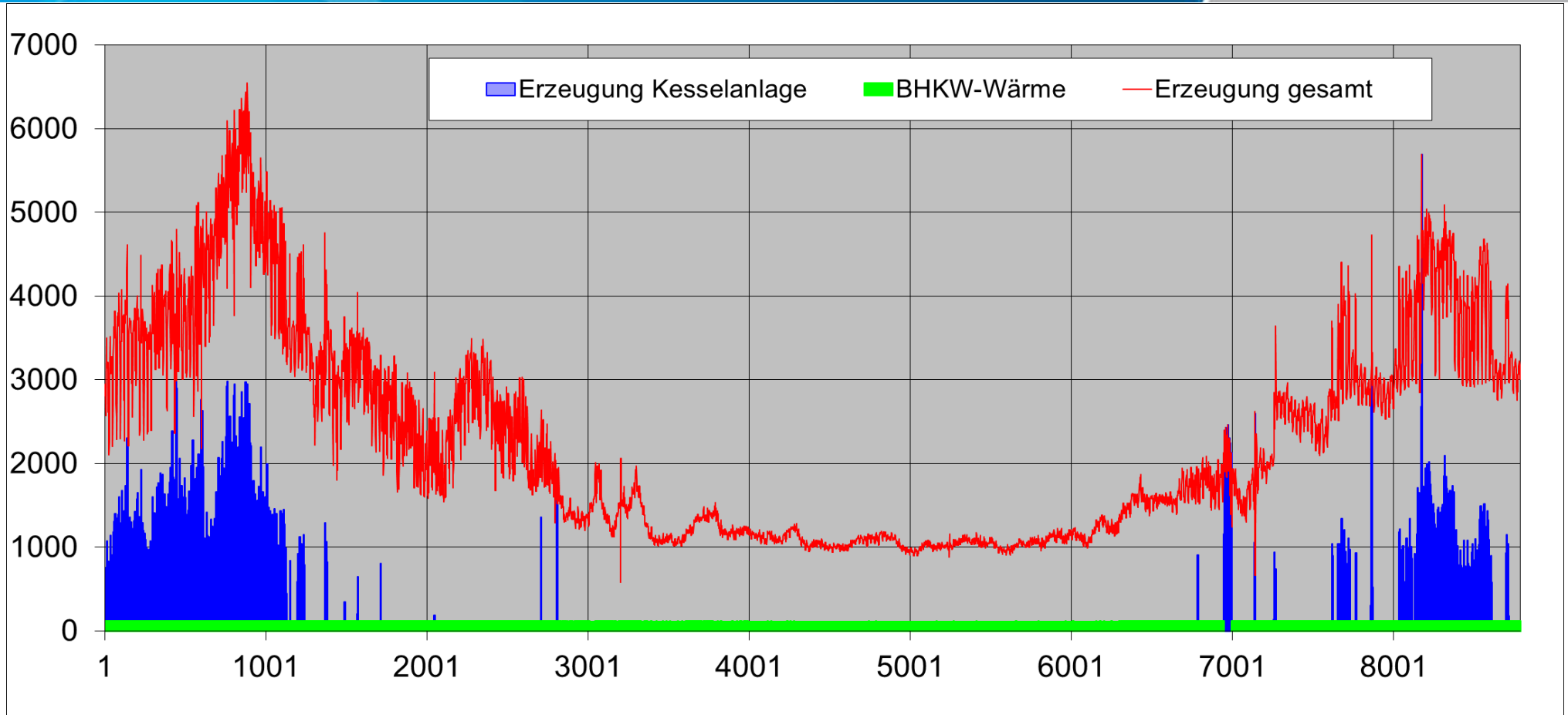


BHKW-Investition:

Amortisierung in 4 Jahren, IB Anfang 2014

Wärmeerzeugung, Erzeugungskosten

Erzeugungslastgang 2012 (BHKW-Anteil theoretisch)

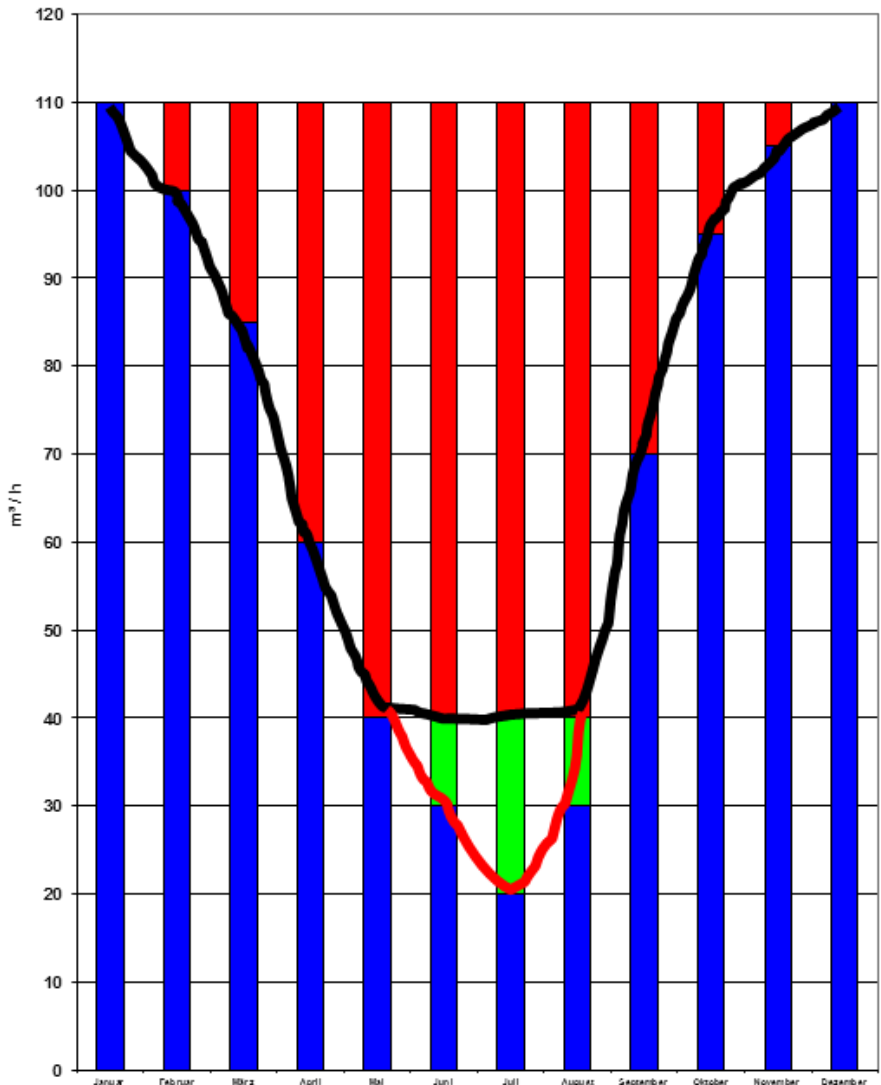


BHKW-Abwärme: „Unterbringung“ im Bedarfslastgang ohne Probleme möglich, Wärmegutschrift im Sommer jedoch extrem gering (Thermalwärmeüberschuss)

Geothermische Stromerzeugung

ORC-Kraftwerk Neustadt – Glewe, Chancen & Gründe für Installation und Betrieb

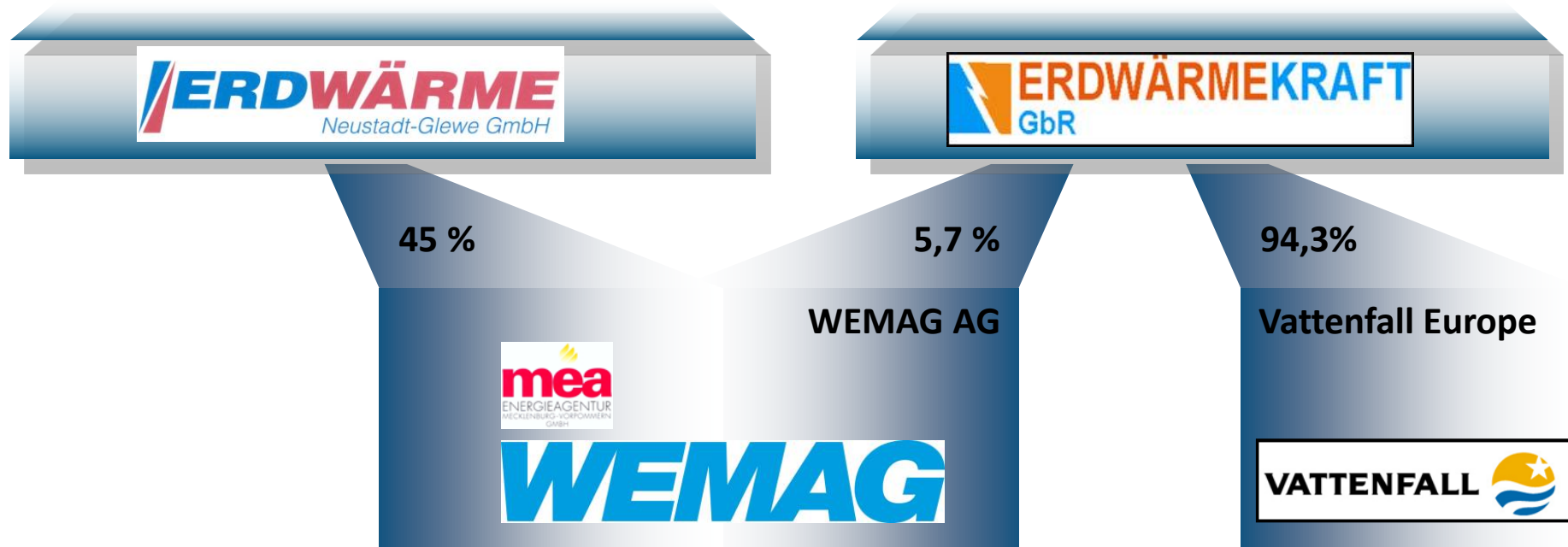
- Erstes geothermisches Kraftwerk zur Stromproduktion in Deutschland
- Ausgeprägtes „Sommerloch“ in der Wärmeabnahme → Möglichkeit der Einbindung einer Stromerzeugungsanlage zur Verstromung „freier“ Wärmemengen
- Machbarkeitsnachweis Stromerzeugung mit der weltweit niedrigsten Soletemperatur (~97°C)
- Nutzung vorhandener Installationen des existierenden geothermischen Heizwerkes in Neustadt-Glewe.
- Betriebsweise: Volllast im Sommer, Teillast im Frühjahr/Herbst – im Winter außer Betrieb



Geothermische Stromerzeugung

Zwei am Ort tätige Gesellschaften:

- Gründungsgesellschafter in 2002: Vattenfall Europe Wärme AG, LanGeo (EnergieSüdwest AG) und WEMAG AG
- Geschäftsanteilsverschiebung durch Ausscheiden und Nachschuss



- Geschäftsbetrieb der Erdwärme-Kraft GbR endgültig eingestellt in 2012 (Rückbau ORC-Anlage), Betriebsstillstand ab August 2008

Geothermische Stromerzeugung

Gesamtansicht der Stromerzeugungsanlage

WEMAG



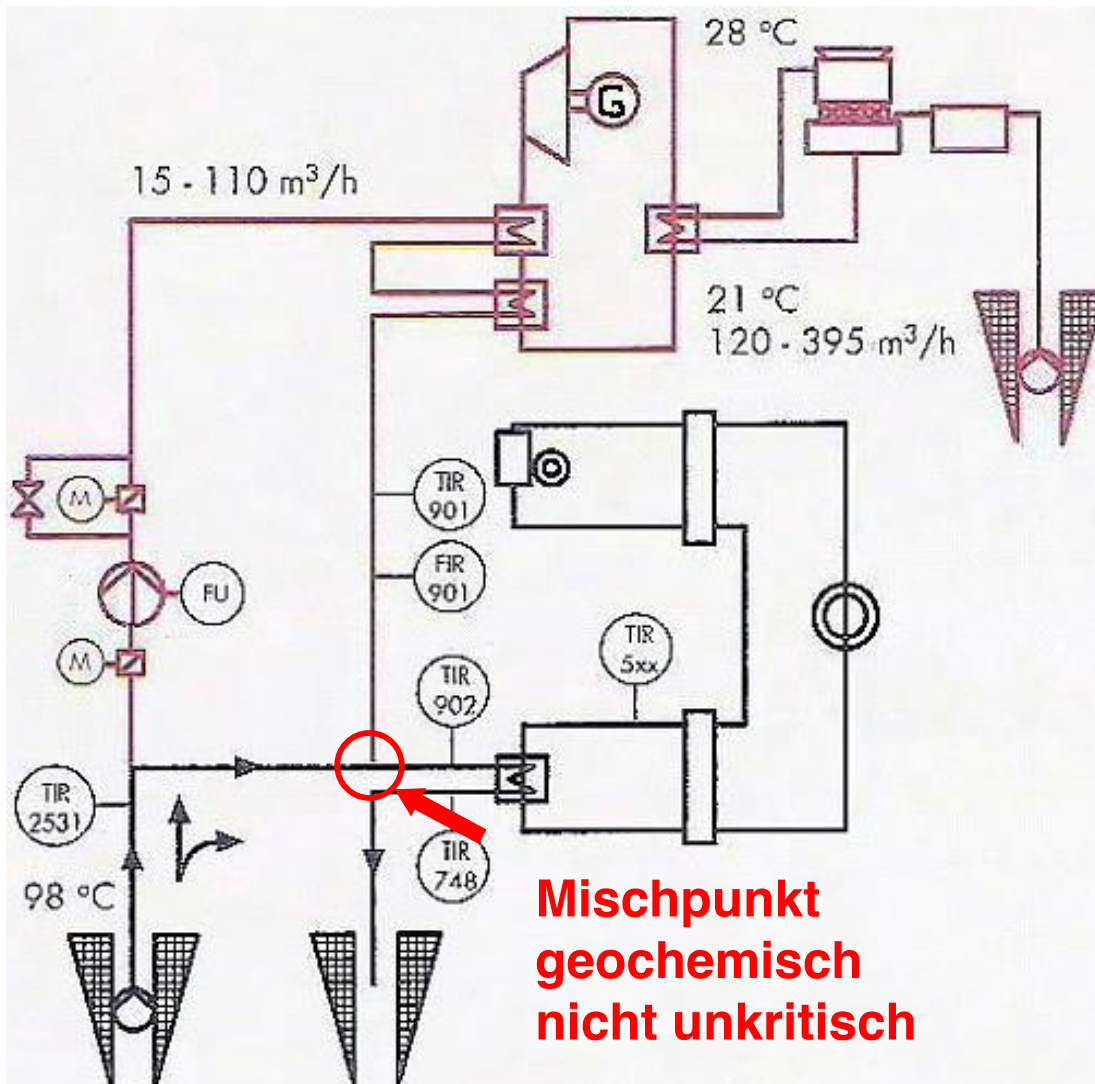
Geothermische Stromerzeugung

Ansichten der Anlage

WEMAG



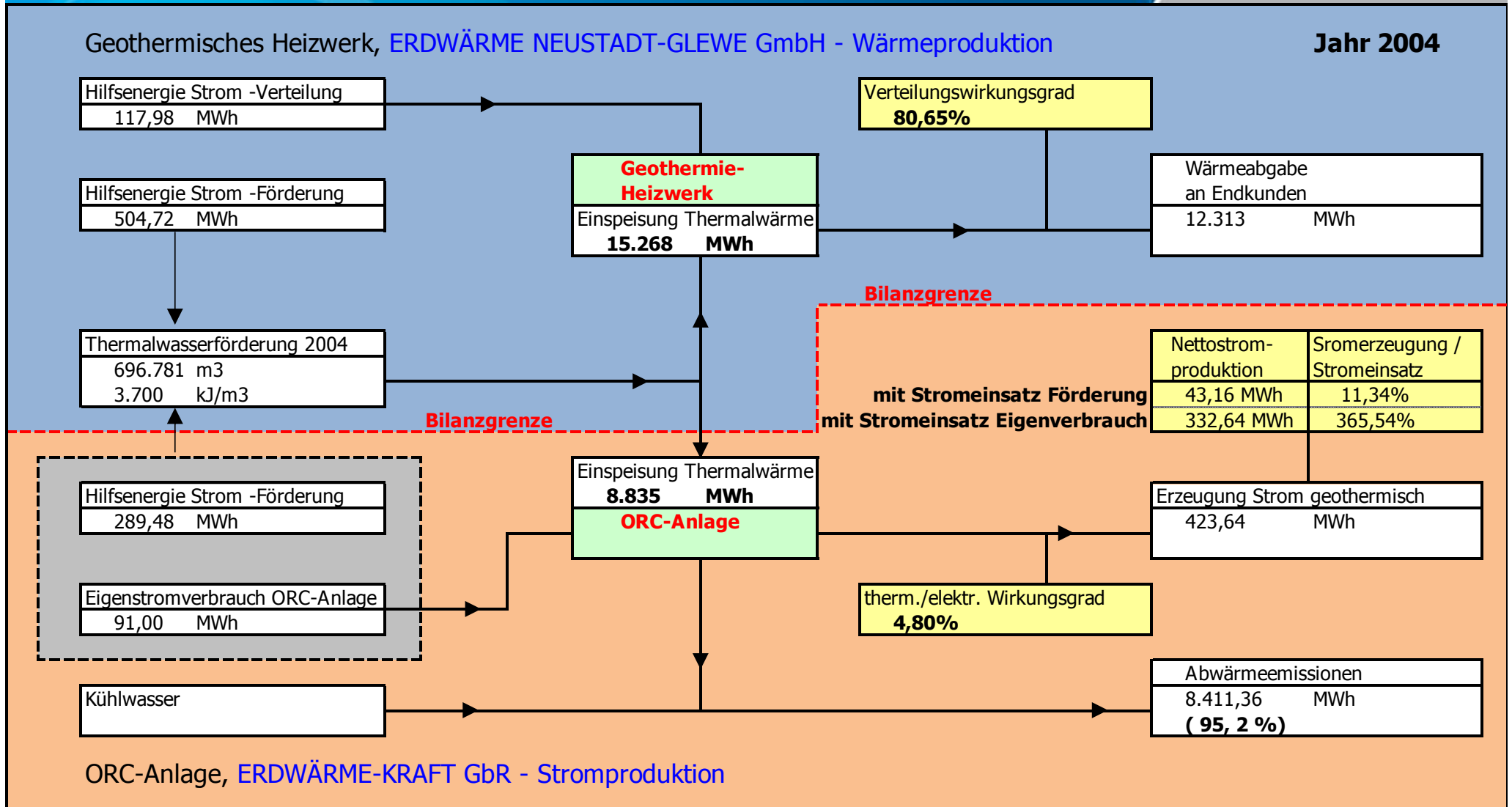
Geothermische Stromerzeugung Verschaltung im Parallelbetrieb von Wärmenutzung und Stromerzeugung



- IBN Kraftwerk 2003 / 2004
- Elektr. Leistung 230 kW_{inst}
- Thermische Energie der Sole wurde ganzjährig genutzt
- Fernwärmeversorgung hat Vorrang vor Stromerzeugung – **wärmegeführter Betrieb, minimale RL-Temperatur Thermalsole 73°C (Beschränkung der Auskühlung)**
- Thermalsoleauskopplung und -Wiedereinkopplung aus Hauptstrom zum Heizwerk

Geothermische Stromerzeugung

Erzeugungsbilanz 2004 Wärme und Strom



Geplanter Prozesswirkungsgrad von 6,1 % konnte nicht erreicht werden

- seit 2009 mehrere Netzinvestitionsmaßnahmen mit Förderung KfW-Programm 271 - Zubau von mehr als 2 MW Anschlussleistung; Volumen ca. 1,5 Mio. EUR ohne Zuschüsse
- Erweiterung der geothermischen Erzeugungskapazität aktuell vorgesehen, da Wärmenetzerweiterungen beabsichtigt und Injektivität sinkend
- Erneuerung rohrtechnische Filterhausausrüstung und Filtration von 2011-2013 durchgeführt; Volumen ca. 300 TEUR
- ggf. weitere Stimulationsmaßnahmen an der Bohrung GtNG 02 und Inhibitoreneinsatz - alternativ Bohrlochertüchtigungsmaßnahmen (Sidetrack)

Netzausbau – Erweiterung Erzeugungskapazität

Abnehmerstruktur Stand Dezember 2012

Abnahmestellen	Anzahl IST	Anschlussleistung
<ul style="list-style-type: none">● Kommunaler Wohnungsbau und städtische Gebäude	113	7.218 kW
<ul style="list-style-type: none">● Gewerbebetriebe	16	1.877 kW
<ul style="list-style-type: none">● EFH/Häuser bis 25 kW	167	1.796 kW
<ul style="list-style-type: none">● Rücklaufwärmekunden	(0)	(1.500 kW)
Summe	296	10,891 MW

- **Kein kommunaler Anschluss- und Benutzungszwang → Kundenzufriedenheit**
- **Kundenverluste im gewerblichen Bereich, Zuwachs bei EFH-Neubauten**





**Altstadt-
erschließung
2009-2012**

Netzausbau – Erweiterung Erzeugungskapazität

Entscheidung Standarddämmung / verstärkte Dämmdicke

- Tiefbaukosten sind bei der Entscheidung zur Dämmserie Standart oder 1 x verstärkt praktisch vernachlässigbar
- Mehrkosten für verstärkte Dämmdicke je Trassenmeter von Formteilanzahl abhängig (i. d. R. Faktor < 2, maximal Faktor 3 im Nennweiten-Bereich bis DN 150)



**Rohrleitung DN 200 – Mantelrohr 315 mm
Rohrgraben passt auch für Mantelrohr 355 mm**

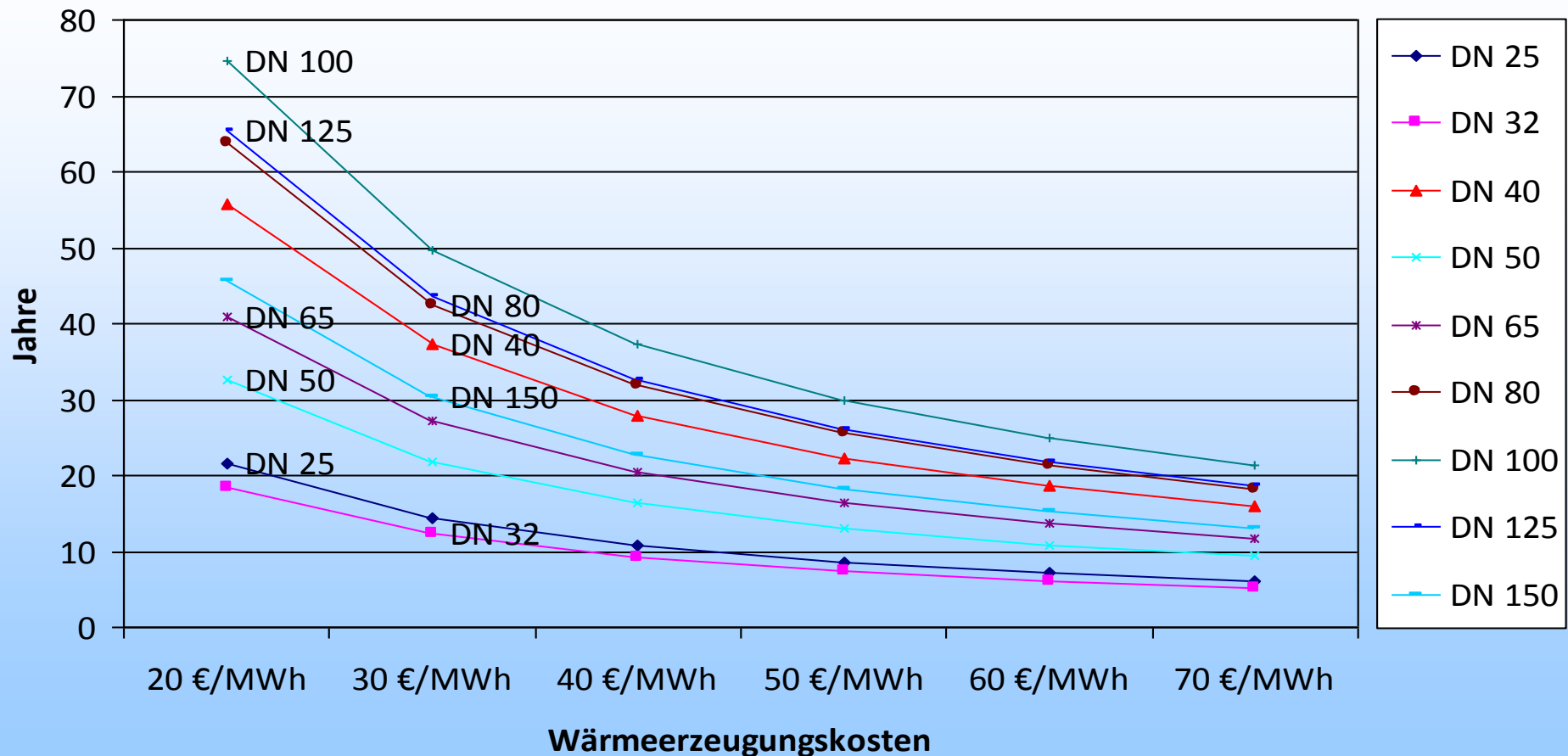
Mehrkosten der KM-Rohrverlegung je Trassenmeter			
DN	ohne Formteile	∅ Formteile	viele Formteile
25	2,24 €	4,12 €	6,00 €
32/40	8,04 €	10,37 €	12,70 €
50	5,31 €	6,47 €	7,64 €
65	6,30 €	13,69 €	21,08 €
80	13,41 €	20,54 €	27,67 €
100	23,85 €	25,41 €	26,97 €
125	21,44 €	27,50 €	33,55 €
150	25,25 €	40,01 €	54,77 €

- Mehrkosten müssen mindestens durch ersparte Trassenverluste kompensiert werden
- Dazu ist die Feststellung der anzulegenden Wärmeerzeugungs-/-verteilungskosten erforderlich

Netzausbau – Erweiterung Erzeugungskapazität

Entscheidung Standarddämmung / verstärkte Dämmdicke

Amortisierungsdauer Dämmserie 1 x verstärkt in Abhängigkeit von den Erzeugungskosten



Netzausbau – Erweiterung Erzeugungskapazität



**Erweiterungen
2009 – 2012
Altstadtkern
Neustadt-Glewe**



- mit geothermischer Wärmeversorgung stärkere Wertschöpfung möglich, als mit Stromerzeugung
- die geothermischen Gewinnungsanlagen verursachen erheblichen Unterhaltungsaufwand (erheblicher Verschleiß / Alterung), gleichzeitig ist der Energieaufwand für die Erzeugung relativ gering
- Geothermische Wärmegewinnung weiterhin nur durch Einsatz von Investitionsförderungen wettbewerbsfähig gegenüber z. B. einer Gasversorgung
- Netzverluste bei weitverzweigten Fernwärmeverteilnetzen sorgfältig vorausberechnen (Beschaffungsaufwand für Netzverluste!)
- Strombeschaffung für Gewinnungsanlage muss kostenoptimiert werden
- Nutzung der Förderinstrumente für die Anlagenerrichtung weiterhin noch unverzichtbar

Vielen Dank für Ihre Aufmerksamkeit.

WEMAG

Obotritenring 40

19053 Schwerin

Telefon 0385 . 755-0

Telefax 0385 . 755-2222

kontakt@wemag.com

www.wemag.com

WEMAG

UNTERNEHMENSGRUPPE

29.10.2013